

Research Paper

Effect of a Neuromuscular Training on Knee Valgus, Range of Motion and Muscle Strength of Soccer Players With Dynamic Knee Valgus



*Hamed Babagoltabar Samakoush¹, Aliasghar Norasteh²

1. Department of Sport Injuries & Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

2. Department of Physiotherapy, Faculty of Medicine, Guilan University of Medical Sciences, Iran.



Citation Babagoltabar Samakoush H, Norasteh A. [Effect of a Neuromuscular Training on Knee Valgus, Range of Motion and Muscle Strength of Soccer Players With Dynamic Knee Valgus (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 12(3):486-503. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.3.8>

doi <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.3.8>



ABSTRACT

Background and Aims The present study aims to investigate the effect of a neuromuscular training program on knee valgus angle, and range of motion (ROM) and muscle strength of hip and ankle in male adolescent football players with dynamic knee valgus (DKV). Valgus knee is one of the most common neuromuscular abnormalities that is involved in causing non-contact damage to the anterior cruciate ligament (ACL).

Methods This is a quasi-experimental study. Participants were 25 adolescent male football players with DKV who were purposefully selected from Shahin Football Academy in Amol, Iran and randomly divided into two groups of control and training. The existence of DKV was assessed by Squats test and the valgus angle were assessed by jump-landing test and Kinovea software. The abduction and external rotation strength and ROM of hip and the dorsiflexion and plantarflexion strength and ROM of ankle were evaluated with Manual Muscle Testing and a goniometer, respectively. After performing the pre-test assessments, the subjects in the training group performed neuromuscular training for 8 weeks, while the control group also participated in the physical fitness program of Shahin Football Academy. At the end, assessments were performed again in two groups. To examine the differences, repeated measures analysis of variance and Bonferroni post hoc test were used in SPSS software, version 24. The significance level was set at 0.05.

Results The results showed a significant difference in knee valgus angle ($P=0.001$), abduction ROM of hip ($P=0.01$), external rotation ROM of hip ($P=0.01$), dorsiflexion ROM of ankle with knee extension ($P=0.001$), dorsiflexion ROM of ankle with knee flexion ($P=0.001$), hip abduction strength ($P=0.002$), hip external rotation strength ($P=0.01$), and plantarflexion strength of ankle ($P=0.03$) between the control and training groups. However, the results showed no significant difference in plantarflexion ROM of ankle and dorsiflexion strength of ankle ($P>0.05$). After one month, the results showed the sustainability of the effect of training on abduction and external rotation ROM of hip, dorsiflexion ROM of ankle with knee extension and flexion, and dorsiflexion and plantarflexion strength of ankle.

Conclusion The neuromuscular training can reduce the risk of non-contact ACL injury in male football players with DKV by improving strength and ROM of hip and ankle.

Keywords Dynamic knee valgus, Strength, Range of motion, Adolescents, Neuromuscular training

Received: 22 May 2021

Accepted: 11 Jul 2021

Available Online: 23 Jul 2023

* Corresponding Author:

Hamed Babagoltabar Samakoush

Address: Department of Sport Injuries & Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

Tel: +98 (911) 587408

E-Mail: hb.sama@yahoo.com

Extended Abstract

Introduction

Valgus knee is one of the most common neuromuscular abnormalities that is involved in causing non-contact damage to the anterior cruciate ligament (ACL). Due to the prevalence of non-contact ACL injury, the present study aims to investigate the effect and durability of neuromuscular training program on knee valgus and the range of motion (ROM) and strength of selected lower limb muscles in adolescent male football players with dynamic knee valgus (DKV).

Materials and Methods

This is a quasi-experimental study. Participants were 25 male adolescent football players with DKV who were purposefully selected from Shahin Football Academy in Amol, Iran and randomly divided into two groups of control (Age: 12.50 ± 0.67 years, height: 1.70 ± 0.06 m, weight: 56.41 ± 5.46 kg, body mass index: 19.49 ± 1.57 kg/m²) and training (Age: 12.23 ± 0.59 years, height: 1.67 ± 0.10 m, weight: 53.07 ± 8.96 kg, body mass index: 18.83 ± 1.54 kg/m²). The existence of DKV was assessed by Squats test and the valgus angle were assessed by jump-landing test and Kinovea software. The strength and the abduction and external rotation ROM of the hip and the dorsiflexion and plantarflexion ROM of the ankle were evaluated with Manual Muscle Testing and a goniometer, respectively. After performing the pre-test assessments, the subjects in the training group performed neuromuscular training for 8 weeks, while the control group also participated in the physical fitness program of Shahin Football Academy. At the end, assessments were performed again in two groups. To examine the differences, repeated measures analysis of variance and Bonferroni post hoc test were used in SPSS software, version 24. The significance level was set at 0.05.

Results

The results showed a significant difference in knee valgus angle ($P=0.001$), abduction ROM of hip ($P=0.01$), external rotation ROM of hip ($P=0.01$), dorsiflexion ROM of ankle with knee extension ($P=0.001$), dorsiflexion ROM of ankle with knee flexion ($P=0.001$), hip abduction strength ($P=0.002$), hip external rotation strength ($P=0.01$), and plantarflexion strength of ankle ($P=0.03$) between the control and training groups. However, the results showed no significant difference in plantarflexion ROM of ankle and dorsiflexion strength of ankle

($P>0.05$). After one month, the results showed the sustainability of the effect of training on abduction and external rotation ROM of hip, dorsiflexion ROM of ankle with knee extension and flexion, and dorsiflexion and plantarflexion strength of ankle (Table 1).

Conclusion

It seems that the neuromuscular training can reduce the risk of non-contact ACL injury in male football players with DKV by improving strength and ROM of hip and ankle. Hence, the neuromuscular training is recommended as an effective program for these athletes.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles such as obtaining informed consent from the participants, their confidentiality of their information, and allowing them to leave the study at any time were considered in this study. Ethical approval was obtained from the Ethics Committee of the Sports Sciences Research Institute of Iran (Code: IR.SSRI.REC.1399.880).

Funding

This study was extracted from the PhD dissertation of Hamed Babagoltabar Samakoush approved by the Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Guilan University.

Authors' contributions

Both authors contributed equally to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank the coaches and young athletes at Shahin Football Club for their cooperation in this study.

Table 1. Results of repeated measures ANOVA regarding within-group and between-group effects of neuromuscular training

Variables	Effect	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P	Eta squared	Test Power
Knee valgus angle (degree)	Within-subject	Time	107.75	2	53.87	15.64	0.001**	0.40	0.99
		Time×group	113.56	2	56.75	16.48	0.001**	0.41	0.98
		Error	158.43	46	3.44				
	Between-subject	Group	195.91	1	195.91	6.33	0.01	0.21	0.67
		Error	710.96	23	30.91				
Hip abduction ROM (degree)	Within-subject	Time	100.60	2	50.30	9.13	0.001**	0.28	0.96
		Time×group	52.60	2	26.60	4.77	0.01**	0.17	0.76
		Error	253.42	46	5.50				
	Between-subject	Group	243.82	1	243.82	3.09	0.09	0.11	0.39
		Error	1814.39	23	78.88				
Hip external rotation ROM (degree)	Within-subject	Time	93.48	2	46.74	9.63	0.001**	0.29	0.97
		Time×group	52.09	2	26.04	5.36	0.001**	0.18	0.81
		Error	223.26	46	4.85				
	Between-subject	Group	233.82	1	233.82	4.37	0.04	0.16	0.51
		Error	53.42	23	53.42				
Ankle dorsiflexion ROM with knee extension (degree)	Within-subject	Time	43.58	2	21.79	54.60	0.001**	0.70	1.00
		Time×group	20.86	2	10.43	26.14	0.001**	0.53	1.00
		Error	18.35	46	0.39				
	Between-subject	Group	78.27	1	78.27	7.32	0.01	0.24	0.73
		Error	245.77	23	10.68				
Ankle dorsiflexion ROM with knee flexion (degree)	Within-subject	Time	35.97	2	17.98	37.70	0.001**	0.62	1.00
		Time×group	16.72	2	8.36	17.52	0.001**	0.43	1.00
		Error	21.94	46	0.47				
	Between-subject	Group	144.44	1	144.44	10.16	0.004**	0.30	0.86
		Error	326.88	23	14.21				
Ankle plantarflexion ROM (degree)	Within-subject	Time	4.13	2	2.06	0.28	0.001*	0.46	1.00
		Time×group	9.73	2	4.86	0.67	0.002*	0.23	0.91
		Error	329.57	46	7.16				
	Between-subject	Group	0.27	1	0.27	0.005	0.94	0.00	0.05
		Error	1211.77	23	52.68				
Hip abduction strength (kg)	Within-subject	Time	172.70	2	86.35	19.92	0.001**	0.46	1.00
		Time×group	62.27	2	31.13	7.18	0.001**	0.23	0.91
		Error	199.35	46	4.33				
	Between-subject	Group	682.08	1	682.08	3.05	0.09	0.11	0.38
		Error	5137.56	23	223.37				
Hip external rotation strength (kg)	Within-subject	Time	100.35	2	50.17	19.53	0.001**	0.45	1.00
		Time×group	24.65	2	12.32	4.80	0.01*	0.17	0.77
		Error	118.15	46	2.56				
	Between-subject	Group	139.12	1	139.12	3.53	0.07	0.13	0.43
		Error	904.95	23	39.12				
Ankle dorsiflexion strength (kg)	Within-subject	Time	67.31	2	33.65	7.56	0.001**	0.24	0.93
		Time×group	10.57	2	5.28	1.18	0.31	0.04	0.24
		Error	204.69	46	4.45				
	Between-subject	Group	53.26	1	53.26	0.67	0.42	0.02	0.12
		Error	1818.00	23	79.04				
Ankle plantarflexion strength (kg)	Within-subject	Time	92.57	2	46.28	10.69	0.001**	0.31	0.98
		Time×group	31.36	2	15.68	3.62	0.03*	0.13	0.64
		Error	199.04	46	4.32				
	Between-subject	Group	3.75	1	3.75	0.06	0.79	0.003	0.05
		Error	1251.77	23	54.42				

*Significance 0.05, **Significance 0.01.



مقاله پژوهشی

تأثیر و ماندگاری تمرینات عصبی عضلانی بر والگوس زانو، دامنه حرکتی و قدرت عضلانی فوتبالیست‌های با والگوس داینامیک زانو

* حامد باباگل تبار سماکوش^۱، علی اصغر نورسته^۲

۱. گروه تربیت بدنی (آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی)، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۲. گروه فیزیوتراپی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، رشت، ایران.

Use your device to scan and read the article online



Citation Babagoltabar Samakoush H, Norasteh A. [Effect of a Neuromuscular Training on Knee Valgus, Range of Motion and Muscle Strength of Soccer Players With Dynamic Knee Valgus (Persian)]. *Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2023; 12(3):486-503. <https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.3.8>

<https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.3.8>

چکیده



مقدمه و اهداف: زانو والگوس یکی از شایع‌ترین ناهنجاری‌های عصبی عضلانی است که در ایجاد آسیب غیر تماسی به رباط صلیبی قدامی نقش دارد. مطالعه حاضر با هدف تعیین تأثیر و ماندگاری برنامه تمرینی عصبی عضلانی بر والگوس زانو، دامنه حرکتی و قدرت عضلات منتخب اندام تحتانی فوتبالیست‌های نوجوان مبتلا به نقص والگوس داینامیک زانو انجام شد.

مواد و روش‌ها: تحقیق حاضر از نوع نیمه آزمایشی است. شرکت کنندگان این پژوهش ۲۵ فوتبالیست پسر نوجوان مبتلا به نقص والگوس پویا بودند که به‌طور هدفمند از آکادمی فوتبال شاهین آمل انتخاب و به‌صورت تصادفی در ۲ گروه کنترل و تمرینی قرار گرفتند. در این مطالعه وجود والگوس پویا زانو با آزمون اسکات و زاویه والگوس با آزمون فرود-پرش و با کمک نرم‌افزار کینوا ارزیابی شد. قدرت و دامنه حرکتی ابداکشن و چرخش خارجی ران، دورسی فلکشن و پلاتنار فلکشن مچ پا نیز به ترتیب با ام‌ام‌تی و گونیامتر ارزیابی شد. پس از تعیین متغیرها در پیش‌آزمون، آزمودنی‌های گروه تمرینی تمرینات عصبی عضلانی را در مدت ۸ هفته انجام دادند و گروه کنترل نیز در این دوره در برنامه آمادگی جسمانی اختصاصی تیم شرکت داشتند. جهت بررسی تفاوت از آزمون آماری تحلیل واریانس مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. کلیه عملیات آماری به‌وسیله نسخه ۲۴ نرم‌افزار SPSS انجام شد.

یافته‌ها: نتایج اختلاف معناداری در زاویه والگوس زانو ($P=0/01$)، دامنه حرکتی ابداکشن ران ($P=0/01$) و چرخش خارجی ران ($P=0/01$)، دامنه حرکتی دورسی فلکشن با زانو صاف ($P=0/001$) و دامنه حرکتی دورسی فلکشن با زانو خم ($P=0/001$)، قدرت ابداکشن ران ($P=0/002$) و چرخش خارجی ران ($P=0/01$) و قدرت پلاتنار فلکشن مچ پا ($P=0/03$) بین دو گروه کنترل و تمرینی نشان داد. اما نتایج این آزمون در متغیر دامنه حرکتی پلاتنار فلکشن و قدرت دورسی فلکشن مچ پا تفاوتی را نشان نداد ($P>0/05$). همچنین پس از ۱ ماه نتایج نشان‌دهنده ماندگاری اثر تمرینات در متغیرهای دامنه حرکتی ابداکشن و چرخش خارجی ران، دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با زانو صاف و خم، قدرت دورسی فلکشن و پلاتنار فلکشن مچ پا بود.

نتیجه‌گیری: تمرین عصبی عضلانی می‌تواند خطر آسیب غیر تماسی رباط متقاطع قدامی را در بازیکنان مرد فوتبال مبتلا به نقص والگوس پویا زانو با بهبود قدرت و دامنه حرکتی مفصل ران و مچ پا کاهش دهد.

کلیدواژه‌ها: نقص والگوس پویا، قدرت، دامنه حرکتی، کنترل عصبی عضلانی

تاریخ دریافت: ۰۱ خرداد ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۲۰ تیر ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۰۱ مرداد ۱۴۰۲

* نویسنده مسئول:

حامد باباگل تبار سماکوش

نشانی: رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه تربیت بدنی (آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی).

تلفن: +۹۸ ۵۸۷۱۴۰۸ (۹۱۱)

رایانامه: hb.sama@yahoo.com

مقدمه

مطالعه‌ای بر روی ورزشکارانی که دچار آسیب رباط صلیبی قدامی انجام شد که نشان داد در مقایسه با افراد سالم هنگام فرود، ۸ درجه والگوس بیشتری داشتند [۱۶]. بارگذاری والگوس، فشار نسبی اعمال شده به رباط صلیبی قدامی را افزایش می‌دهد و این امر در سطوح بالا می‌تواند منجر به واماندگی لیگامانی شود [۱۷]. در همین راستا، مطالعات دیگر نیز نشان دادند افراد دارای افزایش والگوس هنگام انجام فعالیت‌های پویا، بیشتر در معرض آسیب‌های رباط صلیبی قدامی قرار دارند [۱۴، ۱۸، ۱۹]. بر همین اساس یکی از راه‌های مؤثر در کاهش بروز آسیب‌های رباط صلیبی قدامی، کاهش بارگذاری‌های والگوس است. به‌طور خاص، نشان داده شد که برنامه‌های متمرکز بر روی متغیرهای عصبی-عضلانی^۵ و افزایش حس عمقی^۶، خطر آسیب رباط صلیبی قدامی را به میزان ۵۱-۸۸ درصد کاهش می‌دهد [۲۰].

در زمینه اثرگذاری و انتخاب نوع تمرین، مطالعات متفاوتی انجام شد که اثرات مختلفی نیز به دنبال داشت. چنانکه برخی مطالعات به عدم تأثیر تمرینات قدرتی [۲۱، ۲۲] و کششی [۲۳] بر والگوس داینامیک زانو اشاره کردند. باین حال ساساکی^۷ و همکاران بهبود معناداری در زمینه بیومکانیک فرود به دنبال استفاده از تمرینات قدرتی ناحیه مرکزی اشاره کردند [۲۴]. از تمرینات اختصاصی مؤثر در کاهش والگوس داینامیک زانو، برنامه تمرینی طراحی شده توسط گوتو بوده که از تمرینات رهاسازی مایوفیشیال، بهبود دامنه حرکتی، قدرت و انسجام تشکیل شده و مبنای طراحی آن تأکید بر مفصل مچ پا به‌عنوان عامل اصلی ایجاد نقص والگوس داینامیک بود [۲۵]. نتایج مطالعه شاه‌حیدری و همکاران در زمینه تأثیر تمرین عصبی-عضلانی بر کاهش والگوس داینامیک زانو در دختران فعال با نتایج پژوهش گوتو هم‌راستا است. باین حال مطالعه شاه‌حیدری و همکاران در زمینه قدرت عضلات منتخب اندام تحتانی و نیز دامنه حرکتی مفصل ران و زانو تفاوت معناداری را نشان نداد [۲۶]. با توجه به وجود تفاوت در نتایج مطالعات مختلف در زمینه تأثیر تمرین بر میزان والگوس داینامیک زانو و عوامل مرتبط با آن مطالعه حاضر با هدف تعیین تأثیر و ماندگاری برنامه تمرینی عصبی-عضلانی بر والگوس زانو، دامنه حرکتی و قدرت عضلات منتخب اندام تحتانی فوتبالیست‌های نوجوان مبتلا به نقص والگوس داینامیک زانو انجام شد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع نیمه‌آزمایشی بوده که از نظر زمان اجرا مقطعی و از حیث استفاده از نتایج کاربردی بود. جامعه آماری تحقیق شامل فوتبالیست‌های پسر نوجوان دارای نقص والگوس داینامیک زانو مدرسه فوتبال شاهین آمل بودند که با توجه به

فوتبال که یکی از محبوب‌ترین رشته‌های ورزشی در ایران و جهان است [۱] به صورت ذاتی ورزشی آسیب‌زا است که آسیب رباط صلیبی قدامی از جمله آسیب‌های شایع در این ورزش است [۲]. این آسیب در فوتبالیست‌های نوجوان مبتدی بیشتر از فوتبالیست‌های بالغ است [۳]؛ در زمینه آسیب در نوجوانان در یک بررسی ۱۰ ساله از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ و در دامنه سنی ۵ تا ۱۴ سال در مجموع ۳۲۰ آسیب رباط صلیبی قدامی گزارش شده است که بیشترین میزان این آسیب (۹۶/۹ درصد) در دامنه سنی ۱۰ تا ۱۴ سال بوده است و فعالیت‌های ورزشی ۵۶/۶ درصد از آسیب‌های رباط صلیبی قدامی را به خود اختصاص داده بود [۴].

به‌طور کلی رفتار مکانیکی اختصاصی مفاصل پروگزیمال و دیستال مفصل میانی زنجیره حرکتی اندام تحتانی، تعیین‌کننده توزیع درست یا نادرست نیروهای تحمیل شده بر سیستم عضلانی-اسکلتی این مفصل هستند [۵، ۶]. بر همین اساس توانایی ورزشکار در حفظ راستای پویای صحیح سگمنت‌های اندام تحتانی در صفحات حرکتی، می‌تواند عاملی بسیار مهم در وقوع آسیب زانو در ورزش باشد [۷]. مطالعات انجام شده نشان داد نقص‌های عملکرد عصبی-عضلانی از جمله تغییر قدرت، زمان‌بندی و فراخوانی عضلات هنگام انجام فعالیت‌های ورزشی، عامل اصلی آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی در ورزشکاران است [۸، ۹].

عوامل عصبی-عضلانی، فعالیت‌های عملکردی و کینماتیک حرکتی از متغیرهای درونی قابل تعدیل است که در ایجاد آسیب غیربرخوردی رباط صلیبی قدامی اثرگذارند [۵، ۱۰]. هیووت و همکاران، چهار نقص عصبی-عضلانی غلبه تنه^۱، غلبه لیگامان^۲، غلبه چهارسر^۳ و غلبه پا^۴ را به‌عنوان سازوکارهای زیربنایی آسیب رباط صلیبی قدامی معرفی کردند [۱۱] که از آن‌ها می‌توان جهت غربالگری و تعیین افراد دارای الگوهای حرکتی نامناسب و مستعد آسیب رباط صلیبی قدامی استفاده کرد [۱۲].

نقص والگوس (غلبه لیگامانی) از شایع‌ترین نقص‌های عصبی-عضلانی بوده که در زمان فراهم نشدن پایداری پویای لازم برای مفصل توسط راهبردهای کنترل عصبی-عضلانی ایجاد می‌شود. این عامل منجر به جذب نیروی عکس‌العمل زیاد توسط لیگامان‌های زانو در طول فعالیت‌های ورزشی می‌شود که عاملی در قرارگیری زانو در وضعیت والگوس است [۱۳]. نتایج مطالعات نشان می‌دهد افزایش والگوس زانو منجر به تغییر عملکرد اندام تحتانی در صفحه فرونتال شده [۱۴] که ممکن است به دنبال تغییرات الگوهای انقباضی عضلات تنه و ران ایجاد شود [۱۵].

1. Trunk Dominance
2. Ligament Dominance
3. Quadriceps Dominance
4. Leg Dominance

5. Neuromuscular
6. Proprioceptive
7. Sasaki

ادبیات تحقیق و مطالعه تحقیقات مشابه در این زمینه، ورزشکاران دارای حداقل ۳ سال سابقه ورزشی بودند و نیز حداقل در ۳ جلسه تمرین در هفته شرکت داشتند. نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار برآورد حجم نمونه (جی‌پاور)، باتوجه به آزمون آماری آنکوا و داشتن یک کووریت، در آلفای ۰/۰۵ و بتای ۰/۲ به دلیل بزرگ بودن، حجم نمونه ۱۵ نفر در هر گروه در نظر گرفته شد تا توان آماری برابر با ۰/۸ که توان آماری مناسب برای مطالعات تجربی می‌باشد، به دست آید. از مجموع ۳۰ نفر شرکت‌کننده، ۱۳ نفر از گروه تمرینی و ۱۲ نفر از گروه کنترل در پس‌آزمون شرکت کردند [۲۷]. قبل از آغاز تحقیق، والدین تمامی آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه شرکت در آزمون‌های تحقیق را امضاء کردند. سپس طی یک جلسه نحوه انجام آزمون‌ها برای آزمودنی‌ها تشریح شد. همه آزمودنی‌ها سالم بودند و سابقه کمردرد یا آسیب زانو و مچ پا نداشتند. همچنین ورزشکارانی وارد تحقیق شدند که دارای نقص والگوس دینامیک زانو یا منشأ ایمبالانس عضلانی در مچ پا بودند. در این مطالعه ملاحظات اخلاقی رعایت شده است و کد اخلاق از پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی دریافت شد.

ارزیابی منشأ والگوس زانو

در این مطالعه جهت تعیین وجود والگوس دینامیک زانو و نیز تعیین منشأ ایمبالانس عضلانی مؤثر بر آن از آزمون اسکات بالای سر استفاده شد. هر آزمودنی ۵ آزمون اسکات روی هر دو پا در وضعیت استاندارد (پاهای به اندازه عرض شانه باز، انگشتان مستقیم رو جلو، دست‌ها بالای سر با آرنج قفل شده در اکستنشن، زانوها تا ۹۰ درجه فلکشن می‌شوند) را اجرا کرد؛ درحالی که آزمونگر از روبرو او را مشاهده می‌کرد. به آزمودنی اجازه داده شد پیش از آزمون اسکات، این آزمون را تمرین کند. اگر حین حرکت و اجرای ۳ آزمون اسکات از ۵ اسکات، آزمونگر به‌طور بصری از نمای قدامی مشاهده می‌کرد که نقطه میانی پاتلای پای برتر از بخش داخلی انگشت بزرگ پا عبور کند، فرد دارای والگوس دینامیک زانو بود [۲۸]. سپس برای تشخیص علت اصلی اینکه والگوس دینامیک زانو ایمبالانس عضلانی در ران یا مچ پا است، یک شی به ارتفاع ۵ سانتی‌متر زیر هر دو پاشنه قرار می‌گرفت و فرد ۵ اسکات دیگر را انجام می‌داد [۲۸]. در صورتی که والگوس زانوی حین اسکات جفت پا با بالاآوردن پاشنه اصلاح می‌شد، محدودیت حرکتی مچ پا (محدودیت دورسی فلکشن، کوتاهی عضله گاستروکنمیوس و سولئوس) عامل اصلی والگوس زانو بود. میزان روایی و پایایی این آزمون به‌ترتیب ۷۸ درصد و ۷۳ درصد گزارش شد [۲۹].

ارزیابی زاویه والگوس زانو

از پروتکل تعدیل‌شده هوت و همکاران برای ارزیابی زاویه والگوس زانو در وضعیت فرود استفاده شد [۳۰]. بدین صورت

که آزمودنی بالای جعبه‌ای با ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر قرار گرفت، به‌نحوی که فاصله بین قوزک‌های داخلی پا ۳۵ سانتی‌متر بود. از آزمودنی خواسته می‌شد ابتدا فرود و سپس حداکثر پرش عمودی را انجام دهد و دست‌ها را بالا بیاورد. جهت محدود کردن حرکات افقی بدن از آزمودنی خواسته شد پاشنه پای مورد آزمون را در تماس با لبه جلویی جعبه قرار دهد. هر آزمودنی ۳ کوشش صحیح با فاصله ۲ دقیقه را انجام داد. در این پژوهش آزمون فرود-پرش به این دلیل انتخاب شد که طبق مطالعه ناگانو و همکاران^۸، آزمون یادشده بهترین آزمون برای غربالگری ورزشکاران در معرض خطر آسیب رباط صلیبی قدامی معرفی شده است. اطلاعات پای برتر در تجزیه و تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام آزمون دوربین‌های باتوجه به طول قد آزمودنی‌ها تنظیم بر روی سه‌پایه و در فاصله ۳۶۵ سانتی‌متر از سکوی فرود-پرش نصب شد. در این آزمون ورزشکار ۳ بار توالی صحیح فرود-پرش را تکرار کرد و در نهایت پس از اتمام هر ۳ کوشش صحیح با نرم‌افزار کینووا تجزیه و تحلیل نهایی شد. زاویه والگوس در تصویر پیش از فرود که بیانگر فریمی بود که پنجه پا درست پس از فرود به پایین از روی جعبه با زمین تماس پیدا می‌کرد با استفاده از نرم‌افزار کینووا محاسبه می‌شد (تصویر شماره ۱-۱) [۳۱].

ارزیابی قدرت

در این مطالعه جهت ارزیابی قدرت از MMT^۹ که یک دینامومتر دستی ساخت کشور انگلیس است، استفاده شد. قدرت ایزومتریک دورسی فلکشن و پلاتنار فلکشن مچ پا، ابدکتورها و چرخاننده خارجی ران پای غالب فوتبالیست‌های نوجوان براساس روش‌های استاندارد ارزیابی شد. جهت کنترل میزان نیروی اعمال‌شده توسط آزمونگر از استرپ استفاده شد. حداکثر نیرو ۳ کوشش جداگانه که مدت‌زمان هریک ۵ ثانیه بود و فاصله بین هر کوشش ۳۰ ثانیه بود (جهت رفع خستگی ناشی از کوشش‌ها)، ثبت شد و میانگین این ۳ کوشش برای هریک از عضلات ارزیابی‌شده ثبت و برای تجزیه و تحلیل استفاده شد. وضعیت قرارگیری در آزمون‌های قدرت براساس روش کندال و همکاران انجام شد [۳۲، ۳۳].

برای مثال در ارزیابی قدرت ابدکتورهای ران آزمودنی روی میز معاینه به پهلو خوابید، به کمک استرپ پای موردآزمون در زاویه موردنظر (یک بالش بین دو پا قرار گرفت تا ران ۱۰ درجه ابداکشن یافته و در وضعیت طبیعی قرار گیرد) ثابت شد. تنه آزمودنی با استفاده از یک استرپ که بر بالای تاج خاصره و دور میز درمان بسته شده بود، ثابت می‌شد. در ران پای موردآزمون، مرکز فشار نیروی دینامومتر بر روی نقطه‌ای که در ۵ سانتی‌متری پروگزیمال خط جانبی مفصل زانو بود، قرار گرفت (تصویر شماره ۲-۱) [۳۴]. برای اندازه‌گیری قدرت چرخش‌دهنده‌های خارجی

8. Nagano
9. Manual Muscle Test (MMT)

همچنین دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با زانوی صاف (تصویر شماره ۹-۱) و پلاتار فلکشن (تصویر شماره ۱۰-۱)، در وضعیت خوابیده به پشت با اعمال یک غلتک فومی زیر انتهای ساق پا جهت حفظ اکستنشن کامل زانو و نیز دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با زانوی خم در همان وضعیت با قرار دادن یک غلتک فومی زیر زانو و آویزان کردن پا از انتهای تخت معاینه (تصویر شماره ۸-۱)، ارزیابی شد. در هر ۳ ارزیابی بازوی ثابت گونیامتر در راستای استخوان نازکنی و بازوی متحرک در راستای متاتارس پنجم قرار گرفت [۳۶].

برنامه تمرینی عصبی عضلانی

برنامه تمرین عصبی عضلانی گوتو ۸ هفته تمرین و ۳ جلسه در هفته بود که در مجموع شامل ۲۴ جلسه تمرین همراه با بازخورد و آموزش بود (جدول شماره ۱). فاصله بین جلسات تمرین حداقل ۴۸ ساعت بود. آزمودنی‌های گروه تمرین باید حداقل در ۲۳ جلسه از جلسات تمرین شرکت کنند که ۸۰ درصد کل جلسات را شامل می‌شد. اگر آزمودنی کمتر از ۲۳ جلسه در برنامه شرکت می‌کرد از پژوهش حذف می‌شد. این برنامه تمرین شامل ۵ دقیقه گرم کردن و ۵ دقیقه سرد کردن و براساس پژوهش‌های قبلی شامل:

۱. رهاسازی توسط خود فرد؛

۲. کشش توسط خود فرد؛

۳. تقویت عضلات؛

۴. تمرینات عملکردی است [۲۵].

هریک از تمرینات مرتبط با رهاسازی در تمامی هفته‌های تمرینی در ۱ ست ۲ دقیقه‌ای انجام شد. علاوه بر این هر یک از تمرینات مرتبط با کشش در ۲ ست ۳۰ ثانیه‌ای انجام شدند. تمرینات قدرتی در ۴ هفته اول با ۲ ست ۱۰ تکراری انجام شد. که در هفته‌های پنجم و ششم تمرینات ۲ تکرار به تمرینات اضافه شد و در ۲ هفته آخر نیز تمرینات با ۳ ست ۱۲ تکراری انجام شد. تمرینات عملکردی نیز در ۴ هفته اول با ۲ ست ۱۰ تکراری و در ۳ هفته آخر در ۳ ست ۱۰ تکراری انجام شدند. استراحت بین ست‌ها در این مطالعه ۴۵ ثانیه و استراحت پایان ست‌های تمرینی ۹۰ ثانیه در نظر گرفته شد.

آزمودنی‌های گروه کنترل در طول ۸ هفته در برنامه آمادگی جسمانی اختصاصی تیم شاهین آمل که شامل کار با توپ، تمرینات سالن وزنه، تمرینات سرعتی و هوازی بود، شرکت کردند. پس از اتمام هفته هشتم و نیز ۱ ماه پس از آن مجدد ارزیابی‌های مربوط به والگوس زانو، قدرت و دامنه حرکتی انجام شد.

ران، آزمودنی در وضعیت نشسته با ران و زانوهای ۹۰ درجه قرار گرفت. دینامومتر در ۵ سانتی‌متری پروگزیمال قوزک داخلی قرار داده شد. برای کنترل حرکات اندام فوقانی از آزمودنی خواسته شد دست‌ها را به صورت ضربدری روی سینه قرار دهد. در این وضعیت آزمودنی چرخش خارجی ران را انجام داد و میزان قدرت در این حرکت ثبت می‌شد (تصویر شماره ۳-۱) [۳۵].

در ارزیابی قدرت دورسی فلکشن و پلاتار فلکشن، مچ پا آزمودنی در حالت نشسته به نحوی قرار گرفت که مفصل زانو در اکستنشن و مچ پا در وضعیت صفر درجه بود. برای اندازه‌گیری قدرت پلاتار، دینامومتر در پروگزیمال متاتارسوفالانژیال بر روی سطح پلاتار قرار گرفته و از فرد خواسته شد مچ پا را به سمت پایین ببرد (تصویر شماره ۵-۱). برای اندازه‌گیری قدرت دورسی فلکسورها، دینامومتر در پروگزیمال مفاصل متاتارسوفالانژیال بر روی سطح دورسال قرار گرفته و از فرد خواسته شد مچ پا را به سمت بالا ببرد (تصویر شماره ۴-۱) [۳۴].

ارزیابی دامنه حرکتی

دامنه حرکتی غیرفعال ابداکشن و چرخش خارجی ران و دورسی فلکشن و پلاتار فلکشن مچ پا در یک راستای مناسب و متعادل با کمک گونیامتر و به روش ورکین و وایت ارزیابی شد [۲۶]. از هر حرکت موردآزمون، ۳ کوشش انجام شد و میانگین آن‌ها برای تجزیه و تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفت. برای مثال برای اندازه‌گیری دامنه حرکتی ابداکشن ران از آزمودنی خواسته شد به پشت روی میز معاینه دراز بکشد. لگن در وضعیت خنثی و پاها در وضعیت آناتومیکی قرار گرفت. آزمونگر با یک دست لگن را در طرف موردآزمون تثبیت کرده و با دست دیگر جانب داخلی دیستال استخوان را گرفته و به ران حرکت ابداکشن می‌داد و نحوه ابداکشن ران را به آزمودنی آموزش می‌داد. سپس از آزمودنی خواسته شد به صورت فعال ابداکشن ران را انجام دهد.

مرکز گونیامتر بر روی خار خاصه‌ای قدامی فوقانی^{۱۰} در طرف مورد اندازه‌گیری، بازوی ثابت در راستای خطی که خار خاصه‌ای قدامی فوقانی راست و چپ را به یکدیگر متصل می‌کرد و بازوی متحرک موازی با محور طولی ران به طرف خط میانی کشکک قرار می‌گرفت. در وضعیت شروع گونیامتر ۹۰ درجه را نشان داد که به عنوان صفر در نظر گرفته شد (تصویر شماره ۶-۱) [۲۶]. در ارزیابی دامنه حرکتی چرخش خارجی ران از آزمودنی خواسته می‌شد لبه میز معاینه بنشینند، در حالی که زانو در وضعیت فلکشن ۹۰ درجه و ران در ابداکشن و اداکشن صفر درجه و فلکشن ۹۰ درجه قرار گرفته بود. سپس به صورت فعال چرخش خارجی را انجام داد. مرکز گونیامتر بالای بخش قدامی کشکک، بازوی متحرک در امتداد خط میانی ساق پا و بازوی ثابت به صورت عمود بر زمین قرار گرفت (تصویر شماره ۷-۱) [۳۶].

10. Anterior Superior Iliac Spine (ASIS)



تصویر ۱-۲. روش ارزیابی قدرت ابدانکشن ران



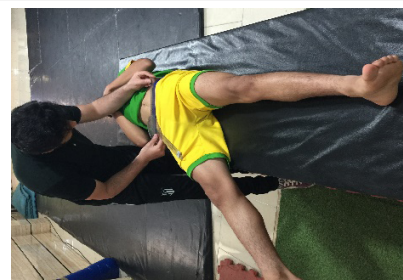
تصویر ۱-۱. والکوس زانو در لحظه برخورد



تصویر ۱-۴. روش ارزیابی قدرت دورسی فلکشن مچ پا



تصویر ۱-۳. روش ارزیابی قدرت چرخش خارجی ران



تصویر ۱-۶. روش ارزیابی دامنه حرکتی ابدانکشن ران



تصویر ۱-۵. روش ارزیابی قدرت پلانترفلکشن مچ پا



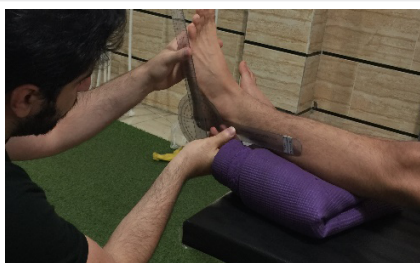
تصویر ۱-۸. روش ارزیابی دامنه حرکتی دورسی فلکشن پا زانو صاف



تصویر ۱-۷. وضعیت شروع ارزیابی دامنه حرکتی چرخش خارجی ران



تصویر ۱-۱۰. روش ارزیابی دامنه حرکتی پلانترفلکشن مچ پا



تصویر ۱-۹. روش ارزیابی دامنه حرکتی دورسی فلکشن پا زانو صاف

تصویر ۱. روش ارزیابی متغیرهای تحقیق

جدول ۱. برنامه تمرینی ۸ هفته‌ای عصبی عضلانی

فاکتور	تمرین	هفته							
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
رهاسازی	ساق پا	*	*	*	*	*	*	*	*
	ایلیوتیبیال باند	*	*	*	*	*	*	*	*
	اداکتورهای ران	*	*	*	*	*	*	*	*
	لترال همسترینگ	*	*	*	*	*	*	*	*
کشش	ساق پا	*	*	*	*	*	*	*	*
	ایلیوتیبیال باند	*	*	*	*	*	*	*	*
	اداکتورهای ران	*	*	*	*	*	*	*	*
	لترال همسترینگ	*	*	*	*	*	*	*	*
قدرت	تمرین ۱-۱: تقویت پوسترئور ییبالیس	کش سبز	کش آبی	**	**	**	**	**	**
	تمرین ۱-۲: تقویت پوسترئور ییبالیس	**	**	وزن بدن	وزن بدن	وزن بدن	وزن بدن	وزن بدن	وزن بدن
	تمرین ۱-۲: تقویت مدیال مسترینگ	کش سبز	کش آبی	**	**	**	**	**	**
	تمرین ۲-۲: تقویت مدیال مسترینگ	**	**	کش سبز	کش آبی	کش آبی	کش آبی	کش آبی	کش آبی
	تمرین ۱-۳: تقویت سرنی میانی	کش سبز	کش آبی	**	**	**	**	**	**
	تمرین ۲-۳: تقویت سرنی میانی	**	**	کش سبز	کش آبی	کش آبی	کش آبی	کش آبی	کش آبی
	تمرین ۱-۴: تقویت سرنی بزرگ	کش سبز	کش آبی	**	**	**	**	**	**
	تمرین ۲-۴: تقویت سرنی بزرگ	**	**	کش سبز	کش آبی	کش آبی	کش آبی	کش آبی	کش آبی
	تمرین ۱: اسکات روی هر دو پا	*	سطح ناهموار	**	**	**	**	**	**
	تمرین ۲: اسکات روی یک پا	**	**	*	*	*	*	*	*
عملکرد	تمرین ۳: بالا رفتن از پله به سمت جلو	*	*	**	**	**	**	**	**
	تمرین ۴: پایین آمدن از پله از پهلو (در هر دو طرف)	**	**	*	*	*	*	*	*
	تمرین ۵: پرش با لی و فرود جفت پا و حفظ ثبات	*	**	**	**	**	**	**	**
	تمرین ۶: پرش جفت پا به سمت جلو و حفظ ثبات	**	*	**	**	**	**	**	**
	تمرین ۷: پرش جفت پا از روی جعبه و حفظ ثبات	**	**	*	*	*	*	*	*
	تمرین ۸: آزمون تعادلی ستاره (هر دو پا)	**	**	**	**	**	*	روی سطح ناهموار	روی سطح ناهموار
	تمرین ۹: لی از پهلو	**	**	**	**	**	*	*	*
	تمرین ۱۰: پرش از روی تخته و حفظ تعادل	**	**	**	**	**	**	فرود روی یک پا	فرود روی یک پا

* تمرین در این هفته انجام می‌شود. ** تمرین در این هفته انجام نمی‌شود.

جدول ۲. ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های تحقیق

شاخص اندازه‌گیری	گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار	T	P
سن (سال)	کنترل	۱۲/۵۰ $\pm$ ۰/۶۷	۱/۰۵	۰/۳۰
	تمرینی	۱۲/۳۳ $\pm$ ۰/۵۹		
قد (متر)	کنترل	۱/۷۰ $\pm$ ۰/۰۶	۰/۷۷	۰/۴۴
	تمرینی	۱/۶۷ $\pm$ ۰/۱۰		
وزن (کیلوگرم)	کنترل	۵۶/۴۱ $\pm$ ۵/۴۶	۱/۱۱	۰/۲۷
	تمرینی	۵۳/۰۷ $\pm$ ۸/۹۶		
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر متر مربع)	کنترل	۱۹/۴۹ $\pm$ ۱/۵۷	۱/۰۶	۰/۲۹
	تمرینی	۱۸/۸۳ $\pm$ ۱/۵۴		
سابقه ورزشی (سال)	کنترل	۳/۹۱ $\pm$ ۰/۷۹	-۱/۴۰	۰/۱۷
	تمرینی	۴/۳۸ $\pm$ ۰/۵۶		
والگوس داینامیک زانو (درجه)	کنترل	۱۰/۹۱ $\pm$ ۴/۵۴	-۰/۱۳	۰/۸۹
	تمرینی	۱۱/۱۵ $\pm$ ۴/۰۳		

طب توانبخش

نتایج آزمون تحلیل واریانس مکرر نشان داد اختلاف معناداری والگوس در لحظه برخورد ($P=0/001$)، دامنه حرکتی ابداکشن ($P=0/01$) و چرخش خارجی ران ($P=0/01$)، دامنه حرکتی دورسی فلکشن با زانو صاف ($P=0/001$) و خم ($P=0/001$)، قدرت ابداکشن ($P=0/002$) و چرخش خارجی ران ($P=0/01$) و پلاتنار فلکشن مچ پا ($P=0/03$) بین دو گروه کنترل و تمرینی وجود دارد، اما نتایج آزمون این آزمون در متغیر دامنه حرکتی پلاتنار فلکشن و قدرت دورسی فلکشن مچ پا تفاوتی را نشان نداد ($P \geq 0/05$).

جهت بررسی تفاوت درون گروهی در زمان‌های مختلف و نیز تفاوت بین گروهی در ۳ زمان از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که نتایج آن در **جدول شماره ۴** ارائه شد. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان‌دهنده تأثیر معنادار برنامه تمرینی بر والگوس لحظه فرود ($P=0/001$) و سایر متغیرها ($P \leq 0/05$) به غیر از دامنه حرکتی پلاتنار فلکشن مچ پا ($P > 0/05$) بود. به طوری که میزان والگوس زانو پس از تمرین کاهش یافته است و در متغیرهایی همچون قدرت و دامنه حرکتی در صورت معناداری افزایش مشاهده شد. همچنین پس از ۱ ماه نتایج نشان‌دهنده ماندگاری اثر تمرینات در متغیرهای دامنه حرکتی ابداکشن و چرخش خارجی ران، دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با زانوی صاف و خم، قدرت دورسی فلکشن و پلاتنار فلکشن مچ پا بود.

جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. جهت بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک^{۱۱} استفاده شد. جهت بررسی تفاوت بین گروهی از آزمون آماری تحلیل واریانس مکرر^{۱۲} و آزمون تعقیبی بونفرونی^{۱۳} در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. کلیه عملیات آماری به وسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد.

یافته‌ها

در این مطالعه اطلاعات توصیفی در مورد ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها و متغیرهای تحقیق در **جدول شماره ۲** شده است. همچنین در بررسی استنباطی متغیرها باتوجه به نرمال بودن داده‌ها که با آزمون شاپیرو ویلک مشخص شد و همچنین برقراری تجانس واریانس که با آزمون لون^{۱۴} و ماچلی^{۱۵} مورد بررسی قرار گرفت از آزمون تحلیل واریانس مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی جهت بررسی تأثیر تمرین و مقایسه گروه‌ها استفاده شد که نتایج آن‌ها در **جداول شماره ۳ و ۴** ارائه شد.

نتایج آزمون تی مستقل^{۱۶} در مقایسه ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها نشان داد دو گروه از نظر ویژگی‌های فردی همگن هستند و تفاوتی بین گروه‌ها وجود ندارد.

11. Shapiro-Wilk
12. Repeated measures analysis
13. Bonferroni
14. Levene's test
15. Mauchly
16. Independent t-test

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس مکرر درون و بین گروهی جهت تأثیر برنامه تمرینی بر متغیرها

متغیر	مقیاس	منبع	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	F	سطح معناداری	مجزورات آتا	توان آماری
والگوس زانو	درون گروهی	زمان	۱۰۷/۷۵	۲	۵۳/۸۷	۱۵/۶۴	۰/۰۰۱**	۰/۴۰	۰/۹۹
		زمان×گروه	۱۱۳/۵۶	۲	۵۶/۷۵	۱۶/۴۸	۰/۰۰۱**	۰/۴۱	۰/۹۸
	بین گروهی	خطا	۱۵۸/۴۳	۴۶	۳/۴۴				
		گروه	۱۹۵/۹۱	۱	۱۹۵/۹۱	۶/۳۳	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۶۷
دامنه حرکتی ابلاکشن ران (درجه)	درون گروهی	زمان	۱۰۰/۶۰	۲	۵۰/۳۰	۹/۱۳	۰/۰۰۱**	۰/۲۸	۰/۹۶
		زمان×گروه	۵۲/۶۰	۲	۲۶/۳۰	۴/۷۷	۰/۰۱**	۰/۱۷	۰/۷۶
	بین گروهی	خطا	۲۵۳/۴۲	۴۶	۵/۵۰				
		گروه	۲۴۳/۸۲	۱	۲۴۳/۸۲	۳/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۳۹
دامنه حرکتی چرخش خارجی ران (درجه)	درون گروهی	زمان	۹۳/۴۸	۲	۴۶/۷۴	۹/۶۳	۰/۰۰۱**	۰/۲۹	۰/۹۷
		زمان×گروه	۵۲/۰۹	۲	۲۶/۰۴	۵/۳۶	۰/۰۱**	۰/۱۸	۰/۸۱
	بین گروهی	خطا	۲۳۳/۲۶	۴۶	۴/۸۵				
		گروه	۲۳۳/۸۲	۱	۲۳۳/۸۲	۴/۳۷	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۵۱
دامنه حرکتی دورسی فلکشن با زانو صاف (درجه)	درون گروهی	زمان	۴۳/۵۸	۲	۲۱/۷۹	۵۴/۶۰	۰/۰۰۱**	۰/۷۰	۱/۰۰
		زمان×گروه	۲۰/۸۶	۲	۱۰/۴۳	۲۶/۱۴	۰/۰۰۱**	۰/۵۳	۱/۰۰
	بین گروهی	خطا	۱۸/۳۵	۴۶	۰/۳۹				
		گروه	۷۸/۲۷	۱	۷۸/۲۷	۷/۳۲	۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۷۳
دامنه حرکتی دورسی فلکشن با زانو خم (درجه)	درون گروهی	زمان	۳۵/۹۷	۲	۱۷/۹۸	۳۷/۷۰	۰/۰۰۱**	۰/۶۲	۱/۰۰
		زمان×گروه	۱۶/۷۲	۲	۸/۳۶	۱۷/۵۲	۰/۰۰۱**	۰/۳۳	۱/۰۰
	بین گروهی	خطا	۲۱/۹۴	۴۶	۰/۴۷				
		گروه	۱۳۴/۴۴	۱	۱۳۴/۴۴	۱۰/۱۶	۰/۰۰۴**	۰/۳۰	۰/۸۶
دامنه حرکتی پلانتر فلکشن میچ پا (درجه)	درون گروهی	زمان	۴/۱۳	۲	۲/۰۶	۰/۲۸	۰/۷۵	۰/۰۱	۰/۰۹
		زمان×گروه	۹/۷۳	۲	۴/۸۶	۰/۶۷	۰/۵۱	۰/۰۲	۰/۱۵
	بین گروهی	خطا	۳۳۹/۵۷	۴۶	۷/۱۶				
		گروه	۰/۲۷	۱	۰/۲۷	۰/۰۰۵	۰/۹۴	۰/۰۰۰	۰/۰۵
قدرت ابلاکشن ران	درون گروهی	زمان	۱۷۲/۷۰	۲	۸۶/۳۵	۱۹/۹۲	۰/۰۰۱**	۰/۴۶	۱/۰۰
		زمان×گروه	۶۲/۲۷	۲	۳۱/۱۳	۷/۱۸	۰/۰۰۲**	۰/۳۳	۰/۹۱
	بین گروهی	خطا	۱۹۹/۳۵	۴۶	۴/۳۳				
		گروه	۶۸۲/۰۸	۱	۶۸۲/۰۸	۳/۰۵	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۳۸
قدرت چرخش خارجی ران (کیلوگرم بر وزن بدن)	درون گروهی	زمان	۱۰۰/۳۵	۲	۵۰/۱۷	۱۹/۵۳	۰/۰۰۱**	۰/۴۵	۱/۰۰
		زمان×گروه	۲۴/۶۵	۲	۱۲/۳۲	۴/۸۰	۰/۰۱*	۰/۱۷	۰/۷۷
	درون گروهی	خطا	۱۸۸/۱۵	۴۶	۲/۵۶				
		گروه	۱۳۹/۱۲	۱	۱۳۹/۱۲	۳/۵۳	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۴۳
قدرت دورسی فلکشن (کیلوگرم بر وزن بدن)	درون گروهی	زمان	۶۷/۳۱	۲	۳۳/۶۵	۷/۵۶	۰/۰۰۱**	۰/۲۴	۰/۹۳
		زمان×گروه	۱۰/۵۷	۲	۵/۲۸	۱/۱۸	۰/۳۱	۰/۰۴	۰/۳۴
	درون گروهی	خطا	۲۰۴/۶۹	۴۶	۴/۴۵				
		گروه	۵۳/۲۶	۱	۵۳/۲۶	۰/۶۷	۰/۴۲	۰/۰۲	۰/۱۲
قدرت پلانتر فلکشن (کیلوگرم بر وزن بدن)	درون گروهی	زمان	۹۲/۵۷	۲	۴۶/۲۸	۱۰/۶۹	۰/۰۰۱**	۰/۳۱	۰/۹۸
		زمان×گروه	۳۱/۳۶	۲	۱۵/۶۸	۳/۶۲	۰/۰۳*	۰/۱۳	۰/۶۴
	درون گروهی	خطا	۱۹۹/۰۴	۴۶	۴/۳۲				
		گروه	۳/۷۵	۱	۳/۷۵	۰/۰۶	۰/۷۹	۰/۰۰۳	۰/۰۵

*معناداری در سطح ۰/۰۵

**معناداری در سطح ۰/۰۱

جدول ۴. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی جهت مقایسه تفاوت‌های درون گروهی و بین گروهی

متغیر	گروه	زمان	درون گروهی				بین گروهی			
			اختلاف میانگین‌ها	سطح معناداری	حداقل تغییرات مشاهده شده	اندازه اثر	زمان	میانگین $\pm$ انحراف معیار		اختلاف میانگین معناداری
								کنترل	تمرینی	
والگوس زانو	کنترل	پس آزمون-پیش آزمون	-۰/۱۶	۱/۰۰	۱/۴۸ ****	۰/۰۳	پیش آزمون	۱۱/۱۵ $\pm$ ۴/۰۳	۱۰/۹۱ $\pm$ ۴/۵۴	-۰/۲۳
		پیگیری-پیش آزمون	۰/۵۸	۱/۰۰	۵/۱۳ ****	۰/۱۳	پس آزمون	۵/۵۳ $\pm$ ۲/۱۴	۱۰/۷۵ $\pm$ ۲/۸۶	۵/۲۱
		پیگیری-پس آزمون	۰/۷۵	۰/۱۳	۶/۵۲ ****	۰/۱۸	پیگیری	۶/۷۶ $\pm$ ۱/۹۶	۱۱/۵۰ $\pm$ ۴/۰۵	۴/۷۳
		پس آزمون-پیش آزمون	-۵/۶۱	۰/۰۰۱**	۱۰/۱۶۲ ****	۱/۷۴	پیگیری	۶/۷۶ $\pm$ ۱/۹۶	۱۱/۵۰ $\pm$ ۴/۰۵	۰/۰۰۱**
	تمرینی	پیگیری-پیش آزمون	-۴/۳۸	۰/۰۰۱**	۶۴/۹۴ ****	۱/۳۹	پیگیری	۶/۷۶ $\pm$ ۱/۹۶	۱۱/۵۰ $\pm$ ۴/۰۵	۰/۰۰۱**
		پیگیری-پس آزمون	۱/۲۳	۰/۰۰۴**	۱۸/۰۷ ****	۰/۵۸	پیگیری	۶/۷۶ $\pm$ ۱/۹۶	۱۱/۵۰ $\pm$ ۴/۰۵	۰/۰۰۱**
		پس آزمون-پیش آزمون	۰/۸۳	۱/۰۰	۱/۸۸ ****	۰/۱۵	پیش آزمون	۴۴/۹۲ $\pm$ ۶/۹۹	۴۳/۶۶ $\pm$ ۵/۴۴	-۱/۲۵
		پیگیری-پیش آزمون	۰/۴۱	۱/۰۰	۰/۹۵ ****	۰/۰۷	پس آزمون	۴۴/۹۲ $\pm$ ۶/۹۹	۴۳/۶۶ $\pm$ ۵/۴۴	-۱/۲۵
دامنه حرکتی آبلاتسن ران (درجه)	کنترل	پیگیری-پس آزمون	-۰/۴۱	۱/۰۰	۰/۹۵ ****	۰/۰۸	پس آزمون	۴۹/۵۳ $\pm$ ۴/۶۲	۴۴/۵۰ $\pm$ ۵/۱۲	-۵/۰۳
		پس آزمون-پیش آزمون	۴/۶۱	۰/۰۰۱**	۹/۳۰ ****	۰/۷۷	پس آزمون	۴۹/۵۳ $\pm$ ۴/۶۲	۴۴/۵۰ $\pm$ ۵/۱۲	-۵/۰۳
		پیگیری-پیش آزمون	۳/۶۹	۰/۰۰۷**	۷/۵۹ ****	۰/۶۰	پیگیری	۴۸/۶۱ $\pm$ ۵/۰۹	۴۴/۰۸ $\pm$ ۵/۱۹	-۴/۵۳
		پیگیری-پس آزمون	-۰/۹۲	۰/۲۲	۱/۸۹ ****	۰/۱۸	پیگیری	۴۸/۶۱ $\pm$ ۵/۰۹	۴۴/۰۸ $\pm$ ۵/۱۹	-۴/۵۳
	تمرینی	پس آزمون-پیش آزمون	۰/۶۶	۱/۰۰	۱/۵۴ ****	۰/۱۳	پیش آزمون	۴۳/۹۲ $\pm$ ۵/۶۹	۴۲/۶۶ $\pm$ ۵/۰۱	-۱/۲۵
		پیگیری-پیش آزمون	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۱۵ ****	۰/۱۰	پس آزمون	۴۳/۹۲ $\pm$ ۵/۶۹	۴۲/۶۶ $\pm$ ۵/۰۱	-۱/۲۵
		پیگیری-پس آزمون	-۰/۱۶	۱/۰۰	۰/۳۹ ****	۰/۰۳	پیگیری	۴۸/۵۳ $\pm$ ۴/۵۷	۴۳/۳۳ $\pm$ ۴/۷۹	-۵/۲۰
		پس آزمون-پیش آزمون	۴/۶۱	۰/۰۰۱**	۹/۴۹ ****	۰/۹۷	پیگیری	۴۸/۵۳ $\pm$ ۴/۵۷	۴۳/۳۳ $\pm$ ۴/۷۹	-۵/۲۰
دامنه حرکتی چرخش خارجی ران (درجه)	کنترل	پیگیری-پیش آزمون	-۰/۱۶	۱/۰۰	۰/۳۹ ****	۰/۰۳	پس آزمون	۴۸/۵۳ $\pm$ ۴/۵۷	۴۳/۳۳ $\pm$ ۴/۷۹	-۵/۲۰
		پس آزمون-پیش آزمون	۴/۶۱	۰/۰۰۱**	۹/۴۹ ****	۰/۹۷	پس آزمون	۴۸/۵۳ $\pm$ ۴/۵۷	۴۳/۳۳ $\pm$ ۴/۷۹	-۵/۲۰
		پیگیری-پیش آزمون	۳/۳۸	۰/۰۱**	۷/۱۴ ****	۰/۷۴	پیگیری	۴۷/۳۰ $\pm$ ۴/۹۸	۴۳/۱۶ $\pm$ ۴/۹۸	-۴/۱۴
		پیگیری-پس آزمون	-۱/۲۳	۰/۰۵	۲/۶۰ ****	۰/۳۷	پیگیری	۴۷/۳۰ $\pm$ ۴/۹۸	۴۳/۱۶ $\pm$ ۴/۹۸	-۴/۱۴
	تمرینی	پس آزمون-پیش آزمون	۰/۵۰	۰/۲۰	۴/۴۴ ****	۰/۲۵	پیش آزمون	۱۱/۳۰ $\pm$ ۲/۲۵	۱۰/۷۵ $\pm$ ۲/۰۰	-۰/۵۵
		پیگیری-پیش آزمون	۰/۵۰	۰/۲۷	۴/۴۴ ****	۰/۲۶	پس آزمون	۱۱/۳۰ $\pm$ ۲/۲۵	۱۰/۷۵ $\pm$ ۲/۰۰	-۰/۵۵
		پیگیری-پس آزمون	۰/۰۰	۱/۰۰	۰	۰	پیگیری	۱۴/۱۵ $\pm$ ۱/۷۲	۱۱/۲۵ $\pm$ ۱/۹۵	-۲/۹۰
		پس آزمون-پیش آزمون	۲/۸۴	۰/۰۰۱**	۲۰/۱۴ ****	۱/۴۲	پیگیری	۱۴/۱۵ $\pm$ ۱/۷۲	۱۱/۲۵ $\pm$ ۱/۹۵	-۲/۹۰
دامنه حرکتی دورسی فاکشن با زانو صاف (درجه)	کنترل	پیگیری-پیش آزمون	۰/۰۰	۱/۰۰	۰	۰	پس آزمون	۱۴/۱۵ $\pm$ ۱/۷۲	۱۱/۲۵ $\pm$ ۱/۹۵	-۲/۹۰
		پس آزمون-پیش آزمون	۲/۸۴	۰/۰۰۱**	۲۰/۱۴ ****	۱/۴۲	پس آزمون	۱۴/۱۵ $\pm$ ۱/۷۲	۱۱/۲۵ $\pm$ ۱/۹۵	-۲/۹۰
		پیگیری-پیش آزمون	۲/۶۱	۰/۰۰۱**	۱۸/۸۲ ****	۱/۲۲	پیگیری	۱۳/۹۲ $\pm$ ۲/۰۱	۱۱/۲۵ $\pm$ ۱/۷۱	-۲/۶۷
		پیگیری-پس آزمون	-۰/۳۳	۰/۹۰	۱/۶۲ ****	۰/۱۲	پیگیری	۱۳/۹۲ $\pm$ ۲/۰۱	۱۱/۲۵ $\pm$ ۱/۷۱	-۲/۶۷
	تمرینی	پس آزمون-پیش آزمون	۰/۳۳	۰/۶۰	۲/۲۶ ****	۰/۱۱	پیش آزمون	۱۵/۶۹ $\pm$ ۱/۸۸	۱۴/۲۵ $\pm$ ۲/۷۳	-۱/۳۴
		پیگیری-پیش آزمون	۰/۵۸	۰/۱۲	۳/۹۱ ****	۰/۳۴	پس آزمون	۱۵/۶۹ $\pm$ ۱/۸۸	۱۴/۲۵ $\pm$ ۲/۷۳	-۱/۳۴
		پیگیری-پس آزمون	۰/۲۵	۱/۰۰	۱/۶۸ ****	۰/۱۰	پیگیری	۱۸/۰۷ $\pm$ ۲/۰۶	۱۴/۵۸ $\pm$ ۲/۹۰	-۳/۴۹
		پس آزمون-پیش آزمون	۲/۳۸	۰/۰۰۱**	۱۳/۱۷ ****	۱/۲۰	پیگیری	۱۸/۰۷ $\pm$ ۲/۰۶	۱۴/۵۸ $\pm$ ۲/۹۰	-۳/۴۹
دامنه حرکتی فاکشن با زانو خم (درجه)	تمرینی	پیگیری-پیش آزمون	۲/۵۳	۰/۰۰۱**	۱۳/۹۳ ****	۱/۳۶	پیگیری	۱۸/۲۳ $\pm$ ۱/۸۳	۱۴/۸۳ $\pm$ ۱/۸۹	-۳/۳۹
		پیگیری-پس آزمون	۰/۱۵	۱/۰۰	۰/۸۷ ****	۰/۰۸	پیگیری	۱۸/۲۳ $\pm$ ۱/۸۳	۱۴/۸۳ $\pm$ ۱/۸۹	-۳/۳۹

متغیر	گروه	زمان	اختلاف میانگین ها	سطح معناداری	حداقل تغییرات مشاهده شده	اندازه اثر	زمان	میانگین $\pm$ انحراف معیار		اختلاف میانگین	سطح معناداری
								کنترل	تمرینی		
قدرت ایستادن (کیلوگرم بر وزن بدن)	کنترل	پس آزمون-پیش آزمون	-۰/۵۸	۱/۰۰	۱/۲۵ ^{۰۰۰۰}	۰/۱۲	پیش آزمون	۴۶/۶۶ $\pm$ ۵/۴۶	۴۵/۷۶ $\pm$ ۵/۸۳	-۰/۸۹	۰/۶۹
		پیگیری-پیش آزمون	-۱/۱۶	۱/۰۰	۲/۵۳ ^{۰۰۰۰}	۰/۲۵	آزمون				
		پیگیری-پس آزمون	-۰/۵۸	۱/۰۰	۱/۲۷ ^{۰۰۰۰}	۰/۱۶	پس آزمون	۴۶/۰۸ $\pm$ ۳/۷۷	۴۶/۶۹ $\pm$ ۴/۷۶	-۰/۶۰	۰/۷۲
	تمرینی	پس آزمون-پیش آزمون	۰/۹۲	۱/۰۰	۱/۹۹ ^{۰۰۰}	۰/۱۷	پیش آزمون				
		پیگیری-پیش آزمون	۰/۳۸	۱/۰۰	۰/۸۴ ^{۰۰۰}	۰/۰۷	پیگیری	۴۵/۵۰ $\pm$ ۳/۴۷	۴۶/۱۵ $\pm$ ۴/۴۸	-۰/۶۵	۰/۶۸
		پیگیری-پس آزمون	-۰/۵۳	۱/۰۰	۱/۱۷ ^{۰۰۰۰}	۰/۱۱	آزمون				
قدرت ایستادن (کیلوگرم بر وزن بدن)	کنترل	پس آزمون-پیش آزمون	۱/۵۴	۰/۳۶	۷/۳۶ ^{۰۰۰}	۰/۲۶	پیش آزمون	۱۹/۳۶ $\pm$ ۶/۱۲	۳۳/۵۶ $\pm$ ۱۲/۲۳	-۴/۱۹	۰/۲۹
		پیگیری-پیش آزمون	۱/۵۲	۰/۳۸	۷/۲۷ ^{۰۰۰}	۰/۲۷	آزمون				
		پیگیری-پس آزمون	-۰/۰۲	۱/۰۰	۰/۰۹ ^{۰۰۰۰}	۰/۰۳	پس آزمون	۲۰/۹۰ $\pm$ ۵/۵۹	۲۹/۴۳ $\pm$ ۱۰/۵۶	-۸/۵۲	۰/۰۲
	تمرینی	پس آزمون-پیش آزمون	۵/۸۷	۰/۰۰۱ ^{۰۰}	۱۹/۹۴ ^{۰۰۰}	۰/۵۱	پیش آزمون				
		پیگیری-پیش آزمون	۲/۷۰	۰/۰۲ ^{۰۰}	۱۰/۳۱ ^{۰۰۰}	۰/۲۴	پیگیری	۲۰/۸۸ $\pm$ ۴/۸۵	۲۶/۲۷ $\pm$ ۹/۹۴	-۵/۳۸	۰/۱۰
		پیگیری-پس آزمون	-۳/۱۶	۰/۰۰۱ ^{۰۰}	۱۲/۰۲ ^{۰۰۰۰}	۰/۳۰	آزمون				
قدرت چرخش خارجی (کیلوگرم بر وزن بدن)	کنترل	پس آزمون-پیش آزمون	۱/۴۳	۰/۱۰	۱۳/۴۲ ^{۰۰۰}	۰/۴۲	پیش آزمون	۹/۲۲ $\pm$ ۳/۰۰	۱۰/۴۴ $\pm$ ۴/۵۹	-۱/۲۲	۰/۴۴
		پیگیری-پیش آزمون	۰/۷۶	۰/۷۷	۷/۶۱ ^{۰۰۰}	۰/۲۵	آزمون				
		پیگیری-پس آزمون	-۰/۶۶	۰/۹۶	۶/۷۱ ^{۰۰۰۰}	۰/۲۰	پس آزمون	۱۰/۶۵ $\pm$ ۳/۶۸	۱۴/۶۵ $\pm$ ۴/۰۰	-۴/۰۰	۰/۰۱ ^{۰۰}
	تمرینی	پس آزمون-پیش آزمون	۴/۲۱	۰/۰۰۱ ^{۰۰}	۲۸/۷۳ ^{۰۰۰}	۰/۹۷	پیش آزمون				
		پیگیری-پیش آزمون	-۲/۴۹	۰/۰۰۲ ^{۰۰۰}	۱۹/۳۱ ^{۰۰۰}	۰/۵۵	پیگیری	۹/۹۸ $\pm$ ۲/۹۶	۱۲/۹۴ $\pm$ ۴/۴۰	-۲/۹۵	۰/۰۶
		پیگیری-پس آزمون	-۱/۷۱	۰/۰۳ ^{۰۰}	۱۳/۲۱ ^{۰۰۰۰}	۰/۴۰	آزمون				
قدرت دورسی فلکشن (کیلوگرم بر وزن بدن)	کنترل	پس آزمون-پیش آزمون	۱/۴۹	۰/۵۲	۹/۳۰ ^{۰۰۰}	۰/۲۵	پیش آزمون	۱۴/۵۳ $\pm$ ۶/۴۲	۱۵/۱۵ $\pm$ ۵/۲۱	-۰/۶۲	۰/۷۹
		پیگیری-پیش آزمون	۰/۴۱	۱/۰۰	۲/۷۴ ^{۰۰۰}	۰/۰۷	آزمون				
		پیگیری-پس آزمون	-۱/۰۸	۰/۳۴	۷/۲۲ ^{۰۰۰۰}	۰/۲۲	پس آزمون	۱۶/۰۲ $\pm$ ۵/۰۵	۱۸/۳۰ $\pm$ ۵/۶۳	-۲/۲۷	۰/۲۹
	تمرینی	پس آزمون-پیش آزمون	۳/۱۴	۰/۰۱ ^{۰۰}	۱۷/۲۱ ^{۰۰۰}	۰/۵۸	پیش آزمون				
		پیگیری-پیش آزمون	۱/۹۴	۰/۰۵	۱۱/۳۵ ^{۰۰۰}	۰/۳۶	پیگیری	۱۴/۹۴ $\pm$ ۴/۴۴	۱۷/۰۹ $\pm$ ۵/۵۱	-۲/۱۵	۰/۲۹
		پیگیری-پس آزمون	-۱/۲۰	۰/۲۰	۷/۰۸ ^{۰۰۰۰}	۰/۲۱	آزمون				
قدرت پلانٹا فلکشن (کیلوگرم بر وزن بدن)	کنترل	پس آزمون-پیش آزمون	۰/۷۲	۱/۰۰	۴/۴۹ ^{۰۰۰}	۰/۱۵	پیش آزمون	۱۵/۵۰ $\pm$ ۴/۵۶	۱۴/۲۶ $\pm$ ۴/۰۵	۱/۲۳	۰/۴۸
		پیگیری-پیش آزمون	۱/۴۵	۰/۳۹	۸/۶۰ ^{۰۰۰}	۰/۳۱	آزمون				
		پیگیری-پس آزمون	۰/۷۳	۱/۰۰	۴/۳۰ ^{۰۰۰}	۰/۱۴	پس آزمون	۱۶/۲۳ $\pm$ ۴/۹۷	۱۸/۱۳ $\pm$ ۴/۰۴	-۱/۹۰	۰/۳۰
	تمرینی	پس آزمون-پیش آزمون	۳/۸۷	۰/۰۰۱ ^{۰۰}	۲۱/۳۳ ^{۰۰۰}	۰/۹۵	پیش آزمون				
		پیگیری-پیش آزمون	۳/۳۷	۰/۰۳ ^{۰۰}	۱۹/۱۱ ^{۰۰۰}	۰/۷۳	پیگیری	۱۶/۹۶ $\pm$ ۴/۷۸	۱۷/۶۳ $\pm$ ۵/۰۲	-۰/۶۷	۰/۷۳
		پیگیری-پس آزمون	-۰/۵۰	۱/۰۰	۲/۸۳ ^{۰۰۰۰}	۰/۱۰	آزمون				

* معناداری در سطح ۰/۰۵، ** معناداری در سطح ۰/۰۱، *** افزایش در میزان یک متغیر، **** کاهش در میزان یک متغیر

بحث

از دلایل عدم تأثیرگذاری تمرین بر قدرت دورسی فلکشن مچ پا و یا دامنه حرکتی پلانتارفلکشن مچ پا می‌تواند عدم اختلال در این متغیرها در جامعه مورد مطالعه و یا عدم وجود تمرین مرتبط با این متغیرها در برنامه تمرینی باشد. از طرف دیگر ورزشکاران رشته فوتبال به دلیل ضربات مکرر به توپ از قدرت لازم در عضلات دورسی فلکسور و دامنه حرکتی مطلوب پلانتارفلکسور برخوردار هستند که این موارد می‌تواند با عدم تأثیرگذاری برنامه تمرینی مرتبط باشد.

علاوه بر تغییرات ناحیه مچ پا، تغییر قدرت و دامنه حرکتی مفصل ران نیز در اختلالات کینماتیک حرکت زانو (والگوس زانو) به‌ویژه در حرکت فرود-پرش مؤثر است. چنان‌که در مطالعات گذشته به تأثیر ضعف عضلات اداکتور و چرخاننده خارجی ران بر افزایش والگوس داینامیک زانو اشاره شد [۴۶، ۴۷]. علاوه بر گلوئوس مدیوس به‌عنوان عضله‌ای مؤثر در جلوگیری از والگوس زانو در حرکت فرود در فعالیتهای دیگری، سایر عضلات ممکن است از این حرکت جلوگیری کنند. به‌طوری‌که کرونین و همکاران بیان کردند در حرکاتی مانند برش (به‌عنوان حرکتی رایج در فوتبال در کنار پرش-فرود) که با ران نسبتاً اداکشن شده انجام می‌شود، ممکن است توانایی گلوئوس مدیوس در کنترل اداکشن ران به خطر بیفتد. در این زمان گلوئوس ماکسیموس که یک اکسترنال روتیتور بوده، به‌عنوان یک اداکتور مفصل ران، ممکن است نقشی محوری در کنترل اداکشن ران و حرکت والگوس زانو در طی این نوع وظایف داشته باشد [۴۸].

در زمینه اثر تمرین بر قدرت و دامنه حرکتی مفصل ران نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه نوروزی و همکاران که اعمال تمرینات عصبی-عضلانی و اثر آن بر قدرت عضلات ران در کنار قدرت عضلات تنه را در بهبود الگوی پرش-فرود مؤثر دانستند [۴۹] و نعمتی و همکاران [۴۵] هم‌راستا است. از دلایل اثرگذاری تمرینات مطالعه حاضر می‌توان استفاده هم‌زمان از تمرینات کششی، قدرتی و عملکردی همچون کشش اداکتورهای ران، تقویت عضلات مدیال همسترینگ، عضلات چرخاننده خارجی و اداکتورهای ران، تقویت سربینی بزرگ، حرکات عملکردی اسکات، لی و آموزش الگوی صحیح پرش و فرود در وضعیت‌های مختلف در جهت کاهش والگوس داینامیک زانو باشد، زیرا براساس مطالعات گذشته اعمال تمرینات به‌صورت جامع می‌تواند اثرگذاری بیشتری نسبت به استفاده از تمرینات به‌صورت مجزا داشته باشد و بهبود هم‌زمان قدرت، دامنه حرکتی و عملکرد کسب نتایج مطلوب‌تری را در پی دارد [۵۰].

در همین راستا بیان شده است تمرینات قدرتی به تنهایی بر کینماتیک حرکت تأثیر نمی‌گذارد [۲۲، ۲۱]؛ همچنین مهدوی و همکاران اعمال ۶ هفته برنامه تمرینی کششی عضلات ساق پا را در بهبود والگوس داینامیک زانو با منشأ مچ پا مؤثر ندانستند [۲۳] که نشان‌دهنده لازمه استفاده از برنامه‌های تمرینی جامع است که برنامه

پژوهش حاضر با هدف تعیین تأثیر برنامه تمرینی عصبی-عضلانی بر والگوس زانو، قدرت و دامنه حرکتی عضلات منتخب فوتبالیست‌های نوجوان مبتلا به نقص والگوس داینامیک زانو انجام شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد پس از ۸ هفته اعمال برنامه تمرینی عصبی-عضلانی تفاوت معناداری در والگوس زانو، دامنه حرکتی ران و مچ پا (دورسی فلکشن) و قدرت ران و مچ پا (پلانتار فلکشن) بین دو گروه کنترل و تمرینی مشاهده شد.

نتایج مطالعه حاضر در زمینه اثر تمرین بر زاویه والگوس زانو با نتایج مطالعه شوامدر [۳۷]، محمدی و همکاران [۳۸] و همچنین کورل [۳۹] هم‌راستا است. بیشتر مطالعات تمرینات مرتبط با تعادل، قدرت ران و نیز بخش پروگزیمال بدن را جهت بهبود والگوس داینامیک زانو مورد بررسی قرار دادند، اما در این مطالعه تمریناتی مورد استفاده قرار گرفته که بیشتر بر روی قدرت و دامنه حرکتی مچ پا معطوف بود. براساس نتایج مطالعه حاضر در زمینه تغییرات والگوس زانو استفاده از تمرینات مچ پا نیز به‌عنوان بخشی از یک برنامه جامع پیشنهاد می‌شود. باتوجه‌به اینکه کاهش دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا [۴۰، ۴۱] و نیز قدرت عضلات پلانتار فلکسور مچ پا [۴۲] از عوامل مؤثر در افزایش زاویه والگوس داینامیک زانو بوده و منشأ والگوس داینامیک در آزمودنی‌های این مطالعه نیز از مچ پا است. به نظر می‌رسد بهبود دامنه حرکتی و قدرت مچ پا علاوه بر اثری که برنامه تمرینی بر مفصل ران داشته است، در تغییرات مرتبط با والگوس داینامیک زانو مؤثر بوده است.

در همین راستا لیما و همکاران به وجود ارتباط بین کاهش دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا و زاویه والگوس داینامیک زانو اشاره کردند [۴۰] که بل و همکاران ارتباط کاهش دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با افزایش اداکشن مفصل ران در طول فرود را عاملی در افزایش والگوس داینامیک زانو دانستند [۴۳]. از طرف دیگر افزایش اداکشن ران می‌تواند ناشی از کاهش قدرت پلانتارفلکشن مچ پا به‌ویژه مدیال گستر و کنمیوس باشد، به‌طوری‌که لوید و بوخانان دریافتند مدیال گستر و کنمیوس به‌عنوان تثبیت‌کننده داینامیک زانو عمل می‌کند و گشتاور والگوس زانو را خنثی می‌کند [۴۴]. در زمینه تأثیر تمرین بر بهبود قدرت عضلات پلانتار فلکسور و بهبود دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا، نعمتی و همکاران به اهمیت این بهبود بر کاهش والگوس داینامیک زانو اشاره کردند [۴۵] که با نتایج مطالعه حاضر هم‌راستا است.

از عوامل مؤثر در بهبود دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا در مطالعه حاضر می‌توان به وجود تمریناتی همچون رهاسازی و کشش ساق پا در برنامه تمرینی اشاره کرد که گوتو این تمرینات را در بهبود دامنه حرکتی دورسی فلکشن مچ پا مؤثر دانست [۲۵].

مشارکت نویسندگان

هر دو در آماده سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمامی فوتبالیست های نوجوان تیم شاهین آمل و مربیان این تیم که در این پژوهش محققین را یاری کردند، تقدیر و تشکر می شود.

تمرینی مطالعه حاضر نیز از این ویژگی برخوردار است. در زمینه ماندگاری اثر برنامه تمرینی مطالعه حاضر می توان به اختصاصی بودن برنامه تمرینی برای والگوس داینامیک زانو با منشأ مچ پا و اعمال تمرینات به مدت ۸ هفته اشاره کرد که ممکن است به اثرات مطلوب عصبی عضلانی منجر شده باشد. از طرف دیگر آموزش کلامی مناسب در طول تمرین در ورزشکاران ممکن است منجر شده باشد تا ورزشکاران در طول تمرینات اختصاصی خود به این موارد توجه کنند و با اصلاح الگوی حرکتی، خطا تمرینی کاهش یابد و از این طریق اثر برنامه تمرینی حاضر پس از ۱ ماه بی تمرینی از بین نرفته باشد.

از محدودیت های مطالعه حاضر عدم توانایی محقق در کنترل میزان انگیزه ورزشکار، تغذیه و نیز تعیین حداکثر تلاش ورزشکار در طول دوره تمرینی و ارزیابی ها بوده است. علاوه بر این پیشنهاد می شود از دستگاه های معتبرتری همچون ای ام جی و الکترو گونیامتر جهت ارزیابی دقیق تر متغیرهایی همچون قدرت و دامنه حرکتی استفاده شود.

نتیجه گیری

وجود نقص در قدرت و دامنه حرکتی ناحیه ران و مچ پا از عوامل مرتبط با والگوس پویا زانو است که می تواند به آسیب رباط متقاطع قدامی منجر شود. باتوجه به اینکه آزمون هایی همچون آزمون فرود-پرش با ارزیابی میزان والگوس در لحظه فرود توانایی تشخیص افراد با این اختلال را به مربیان و ارزیاب ها می دهد، به نظر می رسد با شناسایی ورزشکاران در معرض آسیب رباط متقاطع قدامی به ویژه در پیش از بلوغ بتوان با اعمال برنامه های تمرینی مؤثر، متغیرهایی همچون قدرت و دامنه حرکتی را بهبود داد و این اختلالات عصبی عضلانی را تا حدودی کاهش داد. براساس نتایج مطالعه حاضر استفاده از برنامه عصبی عضلانی مطالعه فعلی می تواند به عنوان یک برنامه مؤثر در دوران پیش از بلوغ و در فوتبالیست های مبتلا به والگوس پویا زانو با منشأ مچ پا پیشنهاد شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش، ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره IR.SSRI.REC.1399.880 دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان نامه حامد باباگل تبار سماکوش با راهنمایی دکتر علی اصغر نورسته و گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشگاه گیلان می باشد.

References

- [1] Yabalooie B, Nazari R, Zargar T. Propellants of promoting productivity professional football clubs in Iran. *Sports Business Journal*. 2022; 2(2):105-23. [DOI:10.22051/SBJ.2022.41645.1052]
- [2] Dodson CC, Secrist ES, Bhat SB, Woods DP, Deluca PF. Anterior cruciate ligament injuries in National Football League athletes from 2010 to 2013: A descriptive epidemiology study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2016; 4(3):2325967116631949. [DOI:10.1177/2325967116631949] [PMID] [PMCID]
- [3] Räsänen AM, Pasanen K, Krosshaug T, Vasankari T, Kannus P, Heinonen A, et al. Association between frontal plane knee control and lower extremity injuries: A prospective study on young team sport athletes. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2018; 4(1):e000311. [DOI:10.1136/bmjsem-2017-000311] [PMID] [PMCID]
- [4] Shaw L, Finch C. Trends in pediatric and adolescent anterior cruciate ligament injuries in Victoria, Australia 2005-2015. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017; 14(6):599. [DOI:10.3390/ijerph14060599] [PMID] [PMCID]
- [5] Shultz SJ, Schmitz RJ, Benjaminse A, Collins M, Ford K, Kulas AS. ACL Research Retreat VII: An update on anterior cruciate ligament injury risk factor identification, screening, and prevention. *Journal of Athletic Training*. 2015; 50(10):1076-93. [DOI:10.4085/1062-6050-50.10.06] [PMID] [PMCID]
- [6] Chuter VH, de Jonge XAJ. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: A review of the literature. *Gait & Posture*. 2012; 36(1):7-15. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2012.02.001] [PMID]
- [7] Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003; 35(10):1745-50. [DOI:10.1249/01.MSS.0000089346.85744.D9] [PMID]
- [8] Sugimoto D, Alentorn-Geli E, Mendiguchía J, Samuelsson K, Karlsson J, Myer GD. Biomechanical and neuromuscular characteristics of male athletes: Implications for the development of anterior cruciate ligament injury prevention programs. *Sports Medicine*. 2015; 45(6):809-22. [DOI:10.1007/s40279-015-0311-1] [PMID]
- [9] Read P, Oliver JL, Croix MBDS, Myer GD, Lloyd RS. Consistency of field-based measures of neuromuscular control using force plate diagnostics in elite male youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016; 30(12):3304-11. [DOI:10.1519/JSC.0000000000001438] [PMID] [PMCID]
- [10] Herman DC, Barth JT. Drop-jump landing varies with baseline neurocognition: Implications for anterior cruciate ligament injury risk and prevention. *The American Journal of Sports Medicine*. 2016; 44(9):2347-53. [DOI:10.1177/0363546516657338] [PMID] [PMCID]
- [11] Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing acl injuries: Current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010. *North American Journal of Sports Physical Therapy*. 2010; 5(4):234-51. [PMID]
- [12] Lloyd RS, Oliver JL, Myer GD, Croix MDS, Wass J, Read PJ. Comparison of drop jump and tuck jump knee joint kinematics in elite male youth soccer players: Implications for injury risk screening. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2019; 29(6):760-5. [DOI:10.1123/jsr.2019-0077] [PMID] [PMCID]
- [13] Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE. Real-time assessment and neuromuscular training feedback techniques to prevent ACL injury in female athletes. *Strength and Conditioning Journal*. 2011; 33(3):21-35. [DOI:10.1519/SSC.0b013e318213afa8] [PMID] [PMCID]
- [14] Kianifar R, Lee A, Raina S, Kulić D. Automated assessment of dynamic knee valgus and risk of knee injury during the single leg squat. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*. 2017; 5:2100213. [DOI:10.1109/JTE-HM.2017.2736559] [PMID] [PMCID]
- [15] Ireland ML, Bolgla LA, Noehren B. Gender differences in core strength and lower extremity function during static and dynamic single-leg squat tests. In: Noyes F, Barber-Westin S, editors. *ACL injuries in the female athlete*. Berlin: Springer; 2018. [DOI:10.1007/978-3-662-56558-2_13]
- [16] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt Jr RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2005; 33(4):492-501. [DOI:10.1177/0363546504269591] [PMID]
- [17] Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. Differential neuromuscular training effects on ACL injury risk factors in "high-risk" versus "low-risk" athletes. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2007; 8:39. [DOI:10.1186/1471-2474-8-39] [PMID] [PMCID]
- [18] Schilaty ND, Bates NA, Krych AJ, Hewett TE. Frontal plane loading characteristics of medial collateral ligament strain concurrent with anterior cruciate ligament failure. *The American Journal of Sports Medicine*. 2019; 47(9):2143-50. [DOI:10.1177/0363546519854286] [PMID] [PMCID]
- [19] Ludwig O, Simon S, Piret J, Becker S, Marshall F. Differences in the dominant and non-dominant knee valgus angle in junior elite and amateur soccer players after unilateral landing. *Sports*. 2017; 5(1):14. [DOI:10.3390/sports5010014] [PMID] [PMCID]
- [20] Nessler T, Denney L, Sampley J. ACL injury prevention: What does research tell us? *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. 2017; 10(3):281-88. [DOI:10.1007/s12178-017-9416-5] [PMID] [PMCID]
- [21] Herman DC, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, Yu B, Padua DA. The effects of strength training on the lower extremity biomechanics of female recreational athletes during a stop-jump task. *The American Journal of Sports Medicine*. 2008; 36(4):733-40. [DOI:10.1177/0363546507311602] [PMID]
- [22] Czasche MB, Goodwin JE, Bull AM, Cleather DJ. Effects of an 8-week strength training intervention on tibiofemoral joint loading during landing: A cohort study. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2018; 4(1):e000273. [DOI:10.1136/bmjsem-2017-000273] [PMID] [PMCID]

- [23] Mahdavi A, Hadadnezhad M, Eftekhari F. [Effect of 6 week stretching training of gastrocnemius-soleus complex on dorsiflexion range of motion, ankle proprioception, knee valgus and function in athletes with limited dorsiflexion (Persian)]. *Journal for Research in Sport Rehabilitation*. 2018; 6(11):21-32. [DOI:10.22084/RSR.2018.14281.1337]
- [24] Sasaki S, Tsuda E, Yamamoto Y, Maeda S, Kimura Y, Fujita Y, et al. Core-muscle training and neuromuscular control of the lower limb and trunk. *Journal of Athletic Training*. 2019; 54(9):959-69. [DOI:10.4085/1062-6050-113-17] [PMID] [PMCID]
- [25] Goto S. The effects of an integrated exercise program on lower extremity biomechanics in females with medial knee displacement [PhD dissertation]. North Carolina: The University of North Carolina; 2015. [DOI:10.17615/bx79-0v33]
- [26] Shahheidari S. [Investigating the effect of two corrective exercise programs and their retention on the movement pattern of drop vertical jump in active girls with dynamic knee valgus (Persian)] [PhD dissertation]. Gilan: University of Gilan; 2018. [Link]
- [27] Saki F, Madhoosh M. Effect of eight weeks plyometric training on hip strength in female athletes with dynamic knee valgus. *Journal of Applied Exercise Physiology*. 2019; 15(29):155-67. [DOI:10.22080/JAEP.2019.15101.1818]
- [28] Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: A biomechanical perspective. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2010; 40(2):42-51. [DOI:10.2519/jospt.2010.3337] [PMID]
- [29] Chappell JD, Yu B, Kirkendall DT, Garrett WE. A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. *The American Journal of Sports Medicine*. 2002; 30(2):261-7. [DOI:10.1177/03635465020300021901] [PMID]
- [30] Bell DR, Oates DC, Clark MA, Padua DA. Two-and 3-dimensional knee valgus are reduced after an exercise intervention in young adults with demonstrable valgus during squatting. *Journal of Athletic Training*. 2013; 48(4):442-9. [DOI:10.4085/1062-6050-48.3.16] [PMID] [PMCID]
- [31] Nagano Y, Ida H, Akai M, Fukubayashi T. Biomechanical characteristics of the knee joint in female athletes during tasks associated with anterior cruciate ligament injury. *The Knee*. 2009; 16(2):153-8. [DOI:10.1016/j.knee.2008.10.012] [PMID]
- [32] Kendall FP, McCreary EK, Provance P, Rodgers M, Romani W. *Muscles: Testing and function, with posture and pain*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. [Link]
- [33] Bell DR, Padua DA, Clark MA. Muscle strength and flexibility characteristics of people displaying excessive medial knee displacement. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008; 89(7):1323-8. [DOI:10.1016/j.apmr.2007.11.048] [PMID]
- [34] Mohammadinia Samakosh H, Shojaedin SS, Hadadnezhad M. [Comparison of effect of hopping and combined balance-Strength training on balance and lower extremity selected muscles strength of soccer men with chronic ankle instability (Persian)]. *Journal of Gorgan University of Medical Sciences*. 2019; 21(3):69-78. [Link]
- [35] Grood E, Noyes F, Butler D, Suntay W. Ligamentous and capsular restraints preventing straight medial and lateral laxity in intact human cadaver knees. *Journal of Bone & Joint Surgery*. 1981; 63(8):1257-69. [DOI:10.2106/00004623-198163080-00007]
- [36] Norkin CC, White DJ. *Measurement of joint motion: A guide to goniometry*. Philadelphia: FA Davis; 2016. [Link]
- [37] Schwameder H. Effect of a neuromuscular home training program on dynamic knee valgus (DKV) in lateral single-leg landings. *ISBS Proceedings Archive*. 2020; 38(1):736-9. [Link]
- [38] Mohammadi H, Daneshmandi H, Alizadeh MH. [Effect of corrective exercises program on strength, ROM, and Performance in basketball players with dynamic knee valgus (Persian)]. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019; 8(3):29-41. [DOI:10.22037/JRM.2019.111286.1887]
- [39] Corl-Baietti B. The effects of 6 weeks of hip-Strengthening exercises on drop jump performance in middle school students [MSc thesis]. Washington: Western Washington University; 2020. [Link]
- [40] Lima YL, Ferreira VMLM, de Paula Lima PO, Bezerra MA, de Oliveira RR, Almeida GPL. The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*. 2018; 29:61-9. [DOI:10.1016/j.ptsp.2017.07.003] [PMID]
- [41] Nakagawa TH, Petersen RS. Relationship of hip and ankle range of motion, trunk muscle endurance with knee valgus and dynamic balance in males. *Physical Therapy in Sport*. 2018; 34:174-9. [DOI:10.1016/j.ptsp.2018.10.006] [PMID]
- [42] Shahheidari S, Norasteh AA, Daneshmandi H. [A comparison of range of motion of joints and isometric strength of lower extremity muscles in female athletes with and without dynamic knee valgus (Persian)]. *Journal of Exercise Science and Medicine*. 2017; 9(1):83-101. [DOI:10.22059/JSMED.2017.62873]
- [43] Bell-Jenje T, Olivier B, Wood W, Rogers S, Green A, McKinnon W. The association between loss of ankle dorsiflexion range of movement, and hip adduction and internal rotation during a step down test. *Manual Therapy*. 2016; 21:256-61. [DOI:10.1016/j.math.2015.09.010] [PMID]
- [44] Lloyd DG, Buchanan TS. Strategies of muscular support of varus and valgus isometric loads at the human knee. *Journal of Biomechanics*. 2001; 34(10):1257-67. [DOI:10.1016/S0021-9290(01)00095-1] [PMID]
- [45] Nemati N, Norasteh AA, Shamsi Majelan A. The effect of a neuromuscular training program on landing kinematics in young soccer players with poor landing mechanics. *Journal of Rehabilitation Sciences & Research*. 2022. [Unpublished]. [Link]
- [46] Malloy P, Morgan A, Meinerz C, Geiser CF, Kipp K. Hip external rotator strength is associated with better dynamic control of the lower extremity during landing tasks. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016; 30(1):282. [DOI:10.1519/JSC.0000000000001069] [PMID] [PMCID]
- [47] Neamatallah Z, Herrington L, Jones R. An investigation into the role of gluteal muscle strength and EMG activity in controlling HIP and knee motion during landing tasks. *Physical Therapy in Sport*. 2020; 43:230-5. [DOI:10.1016/j.ptsp.2019.12.008] [PMID]

- [48] Cronin B, Johnson ST, Chang E, Pollard CD, Norcross MF. Greater hip extension but not hip abduction explosive strength is associated with lesser hip adduction and knee valgus motion during a single-leg jump-cut. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2016; 4(4):2325967116639578. [DOI:10.1177/2325967116639578] [PMID] [PMCID]
- [49] Norouzi K, MahdaviZhad R, Mohamadi MR, Ariamanesh A. [The effect of neuromuscular training on hip strength, core and jump-landing mechanics in athletes with anterior cruciate ligament reconstruction (Persian)]. *Journal for Research in Sport Rehabilitation*. 2019; 7(13):77-89. [DOI:10.22084/rsr.2019.18377.1434]
- [50] Padua DA, DiStefano LJ, Hewett TE, Garrett WE, Marshall SW, Golden GM, et al. National athletic trainers' association position statement: Prevention of anterior cruciate ligament injury. *Journal of Athletic Training*. 2018; 53(1):5-19. [DOI:10.4085/1062-6050-99-16] [PMID] [PMCID]